



⑯ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND  
  
DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑯ Offenlegungsschrift  
⑯ DE 100 03 269 A 1

⑯ Int. Cl. 7:  
A 61 G 12/00  
G 05 D 1/00

⑯ Aktenzeichen: 100 03 269.9  
⑯ Anmeldetag: 26. 1. 2000  
⑯ Offenlegungstag: 9. 8. 2001

DE 100 03 269 A 1

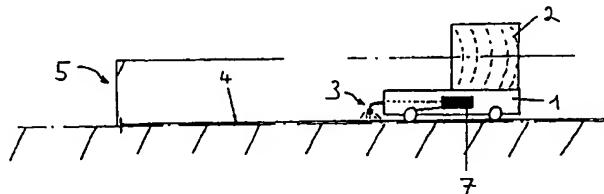
⑯ Anmelder:  
BrainLAB AG, 85551 Kirchheim, DE  
⑯ Vertreter:  
Schwabe, Sandmair, Marx, 81677 München

⑯ Erfinder:  
Braun, Richard, 81549 München, DE; Schmidt, Robert, 80799 München, DE  
⑯ Entgegenhaltungen:  
DE 198 23 260 A1  
DE 299 07 990 U1  
JP 07-2 04 255 A  
Krankenhaus Technik: Unermüdlicher Mitarbeiter, Sep. 1997, S. 50;

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑯ Vorrichtung und Verfahren zur Positionierung von Behandlungsgeräten bzw. behandlungsunterstützenden Geräten  
⑯ Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Positionierung von medizinischen Behandlungsgeräten bzw. behandlungsunterstützenden Geräten (2) mit einer Transporteinrichtung (1), mittels welcher die Geräte (1) an eine vorbestimmte Position verbracht werden, wobei die Transporteinrichtung (1) ein fahrerloses Transportsystem (3, 7) umfasst, sowie ein entsprechendes Verfahren und die Verwendung eines fahrerlosen Transportsystems für die genannten Positionierungsaufgaben.



DE 100 03 269 A 1

## Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Positionierung von Behandlungsgeräten bzw. behandlungsunterstützenden Geräten, die mittels einer Transporteinrichtung an eine vorbestimmte Position verbracht werden.

In Operationssälen und Behandlungsräumen oder Räumen zur Vorbereitung einer Operation bzw. Behandlung ist es des Öfteren notwendig, Behandlungsgeräte bzw. behandlungsunterstützende Geräte an genau vorbestimmte Positionen zu bringen, sei es, um eine Verifizierung des Behandlungsergebnisses mittels Computertomographie oder Kernspintomographie durchzuführen, oder um ganz einfach ein für den jeweils behandelnden Arzt spezifisches OP-Set aufzustellen. Im letzteren Fall werden derzeit alle möglichen Geräte im Operationsraum von Hilfspersonen an die vom behandelnden Chirurgen gewünschte Stelle gefahren, was mit einem Aufwand verbunden ist.

Im Falle der intraoperativen Verwendung von bildgebenden Geräten zur Verifizierung des Behandlungsergebnisses bzw. zur Aktualisierung einer OP-Navigation, gestaltet sich die Verbringung der notwendigen Geräte an den Einsatzort noch schwieriger. So ist es beispielsweise äußerst schwierig, einen transportablen Kernspintomographen per Hand genau parallel über einen Patiententisch zu schieben, da ein solches Gerät äußerst schwer und sein freier Innendurchmesser meist nur wenig größer ist, als die Breite des Patiententisches, so dass ein Transport des Gerätes per Hand auf Rollen nur mit großem Kraftaufwand und entsprechend langsam möglich ist, wobei noch die Gefahr besteht, dass sich der Tomograph am Patiententisch verkantet.

Um dieses Problem zu vermeiden, ist man dazu übergegangen, Kernspintomographen an einer Schiene, die an der Raumdecke befestigt ist, über den Patiententisch und von diesem weg zu führen, wobei der Patiententisch gegenüber der Schiene im Raum fest angeordnet ist.

Diese Lösung ist sowohl mit baulichem und architektonischem Aufwand (Deckenverstärkungen, statische Gutachten ...) verbunden, und setzt daher eine Räumlichkeit für eine Zeit außer Betrieb.

Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Positionierung von Behandlungsgeräten bzw. behandlungsunterstützenden Geräten bereitzustellen, welche die obigen Nachteile des Standes der Technik überwinden. Insbesondere soll ein flexibel anpassbares Positionierungssystem geschaffen werden, welches eine unaufwändige Positionierung der Geräte gestattet.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß zunächst durch eine Vorrichtung zur Positionierung von medizinischen Behandlungsgeräten bzw. behandlungsunterstützenden Geräten mit einer Transporteinrichtung, mittels welcher die Geräte an eine vorbestimmte Position verbracht werden, gelöst, bei welcher die Transporteinrichtung ein fahrerloses Transportsystem umfasst. Ein solches fahrerloses Transportsystem regelt den Transport eines Gerätes von einer Position zu einer anderen selbststeuernd und selbstangetrieben. Damit können die Geräte automatisch im Raum verfahren werden, ohne dass eine Bewegung per Hand notwendig ist. Solche fahrerlosen Transportsysteme (auch "automatic guided vehicles" genannt) navigieren selbst im Raum und können vorteilhafterweise im Gegensatz zu den oben angegebenen Schienensystemen am Boden bewegt werden, ohne dass größere "Stolperschwellen" in Form von Schienen am Boden aufgebaut werden. Ferner besteht grundsätzlich die Möglichkeit, per Knopfdruck ein arztspezifisches OP-Setup einzustellen, da im Grunde alle möglichen Behandlungs- und Behandlungshilfsgeräte mittels eines fahrerlosen Trans-

portsystems an vorbestimmte Plätze gefahren werden können.

Bei einer Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Vorrichtung weist die Transporteinrichtung einen fahrbaren Wagen auf, auf dem das jeweilige zu transportierende Gerät angeordnet ist. Mit einem solchen Unterwagen können ohne Weiteres auch schwerere Geräte positioniert werden, beispielsweise schwere Kernspintomographiegeräte.

Das fahrerlose Transportsystem kann, wenn es erfindungsgemäß verwendet wird, eines der folgenden Navigationssysteme aufweisen:

1. Optische Spurführung, insbesondere mit einem Boden-Leitband, Istwertmarken, sowie einem optischen Sensor und einem Wegmesssystem an der Transporteinrichtung. Bei diesem Navigationssystem wird ein auf dem Boden aufgeklebtes Leitband von einem optischen Sensor im Fahrzeug oder am Fahrzeug erkannt. Insbesondere wird hier der Kontrastunterschied an einer Kante des Bandes detektiert. Diese Lösung ist einfach und kostengünstig und verletzt den Boden nicht. Es bestehen keine Einschränkungen durch Kabelkanäle oder Stahlplatten. Sehr flexible Fahrkursveränderungen durch den Betreiber sind möglich, wobei keine Programmänderungen notwendig sind. Besonders geeignet ist die optische Spurführung also auch für Bereiche mit häufigen Routenänderungen, was die Flexibilität des erfindungsgemäßen Positionierungssystems erhöht. Es können verschiedene Leitbänder, je nach Aufgabe und Umgebung zur Verfügung gestellt werden und die optische Spurführung ist unabhängig von Steigungen, Neigungen und Welligkeiten des Bodens. Ein großer Vorteil liegt auch in der Unempfindlichkeit der optischen Spurführung, vor allem gegen starke Magnetfelder, wie sie beispielsweise beim Betrieb von Kernspintomographen entstehen. Außerdem ist diese Spurführung unempfindlich gegen Licht und Erschütterungen.

2. Lasernavigation, insbesondere mit einem Laser, Reflektoren und einem Wegmesssystem an der Transporteinrichtung.

Bei diesem leitdrahtlosen Lasernavigationssystem wird die Umgebung mittels eines Laserstrahls abgetastet; der Fahrkurs ist programmiert. Vorteilhafterweise müssen hier keine Bodeninstallationen durchgeführt werden, was für besonders staubempfindliche Bereiche Anwendungsmöglichkeiten schafft. Auch dieses System ist äußerst flexibel bei Fahrkursveränderungen, da nur Programmänderungen durchgeführt werden müssen. Es weist eine hohe Fahrgenauigkeit durch eine permanente Kurskorrektur auf und ist gegen Licht, Wärme und Erschütterungen sowie Magnetfelder unempfindlich.

3. Magnetnavigation, insbesondere mit einer Boden-Magnetspur, sowie Magnetleiste, Kreisel und Wegmesssystem an der Transporteinrichtung.

Wenn Geräte ohne eigenes Magnetfeld transportiert werden sollen, eignet sich dieses System, das ebenfalls mit einem programmierten Fahrkurs arbeitet und deswegen bei Fahrkursveränderungen sehr flexibel ist, wobei wenn nötig, zusätzliche Magnete zu setzen sind. Es müssen nur minimale Bodeninstallationen in Form kleiner Referenzmagnete vorgenommen werden und es bestehen keine Einschränkungen durch Bodenhindernisse. Das System ist gegenüber Steigungen, Neigungen und Welligkeiten des Bodens unempfindlich, ebenso wie gegen Licht, Wärme, Erschütterungen und Staub.

4. Induktivführung, insbesondere mit einem Boden-Leitdraht mit Frequenzgenerator, Istwertgebern sowie Fahr- und Lenkantennen und einem Wegmesssystem an der Transporteinrichtung.

Hier besteht eine hohe Fahrgenauigkeit durch permanente Kurskorrektur und das System kann insgesamt kostengünstig realisiert werden. Unabhängig von Steigungen, Neigungen und Welligkeiten des Bodens, ist die Führung ferner gegen Licht, Wärme und Erschütterungen unempfindlich.

Bei einer bevorzugten Anwendung ist das zu positionierende Gerät ein transportables Kernspintomographiegerät, das, wie oben bereits bemerkt, bisher nur mit Schieneführungen an der Decke bewegt werden konnte. Erfindungsgemäß kann ein solches transportables Kernspintomographiegerät nunmehr auf dem Boden bewegt werden und steht damit ohne größeren Aufwand zur Verfügung. Es sind hierzu bereits kleinere Tomographiegeräte auf dem Markt erhältlich, deren Gewicht sich im Bereich von etwa einer Tonne bewegt und die mit supraleitenden Spulen versehen sind, um das Magnetfeld relativ schnell vollständig an- und abschalten zu können. Es können dabei solche Geräte verwendet werden, die mit einer magnetischen Flussdichte von etwa 0,5 Tesla arbeiten. Es können dabei solche Geräte verwendet werden, die mit einer magnetischen Flussdichte von etwa 0,5 Tesla arbeiten. Beschränkt ist der Flussdichtenbereich hierbei lediglich durch Größe und Gewicht des Kernspintomographen, ein Resultat der aktuellen Magnet-Technologie. Je höher die magnetische Flussdichte ist, desto schneller und qualitativer kann der Scan-Vorgang durchgeführt werden. Wenn also Magneten mit höherer Flussdichte und einem noch transportablen Gewicht verfügbar sind, so können diese ohne Weiteres im Rahmen der Erfindung eingesetzt werden.

Es besteht natürlich die Möglichkeit, alle möglichen Geräte, insbesondere solche in einem Operationsraum, durch eine erfundungsgemäße Vorrichtung zu positionieren. In einer nicht abschließenden Liste könnten die folgenden Geräte genannt werden: ein Computertomograph, ein Röntgenbogen, ein Mikroskop, insbesondere ein chirurgisches Mikroskop, ein Patiententisch, ein Chirurgenstuhl, ein Behandlungs-Navigationsgerät. Wenn alle möglichen Geräte im Behandlungs- bzw. Operationssaal positioniert werden, kann demgemäß ein arztspezifisches OP-Setup grundsätzlich auf Knopfdruck bereitgestellt werden. Das Transportsystem ist dabei vorzugsweise an der Transporteinrichtung selbst angeordnet und es weist eine Funk- oder Kabelschnittstelle zu einer externen Ansteuerung auf. Der Arzt kann deshalb beispielsweise mittels der Eingabe eines Befehles an einem zentralen, behandlungsunterstützenden Gerät, beispielsweise einem Navigationsgerät mit Touch-Screen, durch einen einfachen Befehl die automatische Positionierung eines Behandlungsgerätes anordnen. Als Beispiel kann hier die Anforderung eines intraoperativen Kernspintomographie-Scans aufgeführt werden.

Beim erfundungsgemäßen Verfahren der Positionierung von medizinischen Behandlungsgeräten bzw. behandlungsunterstützenden Geräten werden die Geräte mit einer Transporteinrichtung an eine vorbestimmte Position verbracht und die Transporteinrichtung wird mittels eines fahrerlosen Transportsystems gesteuert. Es können auch verfahrensmäßig die oben angesprochenen vorteilhaften Ausführungen der erfundungsgemäßen Vorrichtung umgesetzt werden. Ebenso verhält es sich mit der erfundungsgemäßen Verwendung eines fahrerlosen Transportsystems zur Positionierung von Behandlungsgeräten bzw. behandlungsunterstützenden Geräten.

Die Erfindung wird nun im Weiteren anhand einer bevorzugten Ausführungsform näher erläutert.

Die Fig. 1 zeigt hierzu eine Ansicht von oben auf ein fahrerlos transportiertes Kernspintomographiegerät und seine 5 Bewegung über einen Patiententisch, während die Fig. 2 diese Anordnung noch mal in einer Seitenansicht darstellt.

Wie aus den Fig. 1 und 2 hervorgeht, arbeitet das erfundungsgemäße Positionierungssystem mit den folgenden Elementen:

10 In einem Wagen 1 ist ein fahrerloses Transportsystem (PTS) untergebracht, von dem hier die Zentraleinheit 7 als Black-Box dargestellt ist, sowie der optische Sensor 3, der vorne am Wagen befestigt ist. Die Zentraleinheit 7 erhält Positionierungssignale vom Sensor 3 und steuert mit Hilfe dieser Informationen den Wagen 1. Um dies darzustellen, sind gepunktete Verbindungslinien von der Zentraleinheit 7 zum optischen Sensor 3 und zu einem vorderen Rad dargestellt, wobei letztere Linie andeutet, dass von der Zentraleinheit 7 aus die Lenkung des Wagens sowie dessen Antrieb geregelt wird.

Auf dem Wagen befindet sich ein transportables Kernspintomographiegerät 2. Dieses Gerät 2 ist in der Höhe so angeordnet, dass die Mittelachse der Spulen etwa auf der Höhe des Patiententisches 5 liegt. Der innere freie Durchmesser der Spulen 2 ist etwas größer als die Breite des Tisches, wie insbesondere aus der Fig. 1 hervorgeht. In dieser Fig. 1 ist der Wagen 1 mit dem Gerät 2 oben zunächst in einer Warteposition dargestellt, während er in gestrichelten Linien auch in seiner Scan-Position am Patiententisch 5 zu sehen ist. Die untere Darstellung zeigt insbesondere, dass das Tomographiegerät im dargestellten Fall über den Kopf des Patienten positioniert wird, um eine entsprechende Bild erfassung vorzunehmen. Der Kopf ist schematisch dargestellt und mit dem Bezugssymbol 6 versehen.

30 Geführt wird das fahrerlose Transportsystem über das Bodenleitband 4, das z. B. ein schwarzes Band auf einem hellen Boden sein kann. Der optische Sensor 3 erfasst den Kontrastunterschied an einer Kante des Bandes und gibt die Positionsinformationen an die Zentraleinheit 7 weiter, welche 35 dann den Wagen 1 so steuert, dass er exakt mittig über dem Leitband 4 in Pfeilrichtung fahren kann (siehe Fig. 1). Zur Ansteuerung kann das fahrerlose Transportsystem über Funk oder mittels einer Kabelverbindung angesprochen werden (nicht dargestellt). In Fig. 2 ist unterhalb des Tisches 45 das linke Ende des Leitbandes 4 dargestellt, im vorliegenden Fall wird also beispielsweise der Wagen 1 damit aufhören zu fahren, wenn der Sensor 3 dieses Ende des Leitbandes detektiert.

Im Folgenden wird anhand eines Ablaufbeispiels noch 50 mal der Einsatz einer erfundungsgemäßen Gerät positionierung in einem Operationssaal erläutert:

Wenn ein Chirurg beispielsweise während einer Gehirnoperation feststellt, dass es an der Zeit ist, das Operationsergebnis mittels einer Kernspintomographie einer Zwischenprüfung zu unterziehen, oder wegen der Lageveränderungen von Gewebeteilen sein Navigationssystem zu aktualisieren, kann er mittels eines Knopfdruckes an seiner Navigationskonsole das Heranfahren des Kernspintomographiegerätes anfordern, und zwar per Funksignal oder über ein Kabel, das 60 den Wagen 1 mit der nicht dargestellten Konsole verbindet.

Daraufhin wird der Wagen 1 mit dem Gerät 2 mit einer Geschwindigkeit von etwa 0,3 m/s in eine Vorposition fahren, die relativ nahe beim Patiententisch liegt, und zwar so, dass das Gerät 2 mit seinen Spulen schon vollständig parallel zum Tisch und axial dazu ausgerichtet angeordnet ist. Die Parallelität wird hierbei mittels Lasertriangulation fortlaufend überprüft. Während des Transports ist das Magnetfeld nicht aktiv.

An dieser Stelle ist noch anzumerken, dass im Operationsraum bevorzugt am Boden Markierungen angebracht werden, die im Abstand jeweils 50 Gauß-Linien und 5 Gauß-Linien andeuten. An dieser Stelle ist noch anzumerken, dass im Operationsraum bevorzugt am Boden Markierungen angebracht werden, die im Abstand jeweils 50 Gauß-Linien und 5 Gauß-Linien andeuten. Mit Hilfe dieser Markierungen können magnetempfindliche Gerätschaften und solche aus Metall verlässlich in einen sicheren Abstand gebracht werden.

Nach dem Erreichen der Vorposition, wird die Feinpositionierung vorgenommen, wobei das Gerät 2 auf dem Wagen 1 schrittweise über dem Kopf 6 des Patienten bis zur Endposition gefahren wird. Ebenso wird bei der Feinpositionierung die Parallelität mittels Lasertriangulation fortlaufend geprüft. Danach kann der Magnetresonanz-Scan (Kernspintomographie) durchgeführt werden.

Wenn die Erfassung beendet ist, können dann die obigen Schritte in umgekehrter Reihenfolge ausgeführt werden, um das Gerät wieder in seine Warteposition zu verbringen (Fig. 1 oben), so dass der Chirurg mit Hilfe der neu gewonnenen Informationen weiter arbeiten kann.

Grundsätzlich ist noch anzumerken, dass alle Positionierungsaufgaben beim erfindungsgemäßen System auch (zusätzlich) unter Einbeziehung eines in modernen Operationsräumen meist vorhandenen Navigationssystems gelöst werden können, beispielsweise eines Reflektoren-Referenzierungssystems mit Infrarotkameras.

## Patentansprüche

30

1. Vorrichtung zur Positionierung von medizinischen Behandlungsgeräten bzw. behandlungsunterstützenden Geräten (2) mit einer Transporteinrichtung (1), mittels welcher die Geräte (1) an eine vorbestimmte Position verbracht werden, dadurch gekennzeichnet, dass die Transporteinrichtung (1) ein fahrerloses Transportsystem (3, 7) umfasst.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Transporteinrichtung (1) einen fahrbaren Wagen aufweist, auf dem das Gerät (2) angeordnet ist.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das fahrerlose Transportsystem mindestens eines der folgenden Navigationssysteme aufweist:

- Optische Spurführung, insbesondere mit einem Boden-Leitband (4), Istwertmarken, sowie einem optischen Sensor (3) und einem Wegmesssystem an der Transporteinrichtung (1);
- Lasernavigation, insbesondere mit einem Laser, Reflektoren und einem Wegmesssystem an der Transporteinrichtung;
- Magnetnavigation, insbesondere mit einer Boden-Magnetspur sowie Magnetleiste, Kreisel und Wegmesssystem an der Transporteinrichtung;
- Induktivführung, insbesondere mit einem Boden-Leitdraht mit Frequenzgenerator, Istwertgeber, sowie Fahr- und Lenkantennen und einem Wegmesssystem an der Transporteinrichtung.

50

4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Gerät (2) ein transportables Kernspintomographiegerät ist.

5. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Kernspintomographiegerät (2) supraleitende Spulen aufweist, mit einer magnetischen Flussdichte von etwa 0,5 Tesla.

6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, da-

durch gekennzeichnet, dass das Gerät eines der folgenden ist:

- ein Computertomograph;
- ein Röntgenbogen;
- ein Mikroskop, insbesondere ein chirurgisches Mikroskop;
- ein Patiententisch;
- ein Chirurgenstuhl;
- ein Behandlungs-Navigationsgerät;
- Anästhesie;
- Zubehörwagen;
- Autoklaviergeräte;
- Patientenüberwachungsmonitoren;
- Sterilgut.

7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Transportsystem (3, 7) an der Transporteinrichtung (1) angeordnet ist und eine Funk- oder Kabelschnittstelle zu einer externen Ansteuerung aufweist.

8. Verfahren zur Positionierung von medizinischen Behandlungsgeräten bzw. behandlungsunterstützenden Geräten (2), bei dem die Geräte (2) mit einer Transporteinrichtung (1) an eine vorbestimmte Position verbracht werden, dadurch gekennzeichnet, dass die Transporteinrichtung (1) mittels eines fahrerlosen Transportsystems (3, 7) gesteuert wird.

9. Verfahren nach Anspruch 8, bei dem das fahrerlose Transportsystem (3, 7) mindestens eines der folgenden Navigationssysteme zur Steuerung verwendet:

- Optische Spurführung, insbesondere mit einem Boden-Leitband (4), Istwertmarken, sowie einem optischen Sensor (3) und einem Wegmesssystem an der Transporteinrichtung (1);
- Lasernavigation, insbesondere mit einem Laser, Reflektoren und einem Wegmesssystem an der Transporteinrichtung;
- Magnetnavigation, insbesondere mit einer Boden-Magnetspur sowie Magnetleiste, Kreisel und Wegmesssystem an der Transporteinrichtung;
- Induktivführung, insbesondere mit einem Boden-Leitdraht mit Frequenzgenerator, Istwertgeber, sowie Fahr- und Lenkantennen und einem Wegmesssystem an der Transporteinrichtung.

10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9, bei dem ein transportables Kernspintomographiegerät transportiert wird.

11. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9, bei dem eines der folgenden Geräte transportiert wird:

- ein Computertomograph;
- ein Röntgenbogen;
- ein Mikroskop, insbesondere ein chirurgisches Mikroskop;
- ein Patiententisch;
- ein Chirurgenstuhl;
- ein Behandlungs-Navigationsgerät;
- Anästhesie;
- Zubehörwagen;
- Autoklaviergeräte;
- Patientenüberwachungsmonitoren;
- Sterilgut.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 11, bei dem das Transportsystem (3, 7) an der Transporteinrichtung (1) angeordnet ist und über eine Funk- oder Kabelschnittstelle extern angesteuert wird.

13. Verwendung eines fahrerlosen Transportsystems zur Positionierung von medizinischen Behandlungsgeräten bzw. behandlungsunterstützenden Geräten (2) mit einer Transporteinrichtung (1) mittels welcher die Ge-

räte (1) an eine vorbestimmte Position verbracht werden.

14. Verwendung nach Anspruch 13 unter Einsatz einer Vorrichtung nach den Ansprüchen 1 bis 7 bzw. eines Verfahrens nach den Ansprüche 8 bis 12. 5

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

10

15

20

25

30

35

40

45

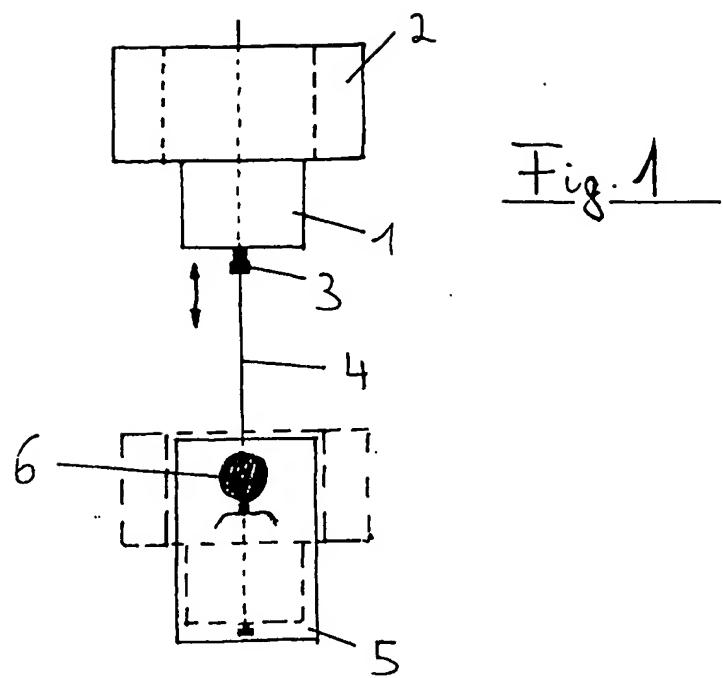
50

55

60

65

**- Leerseite -**



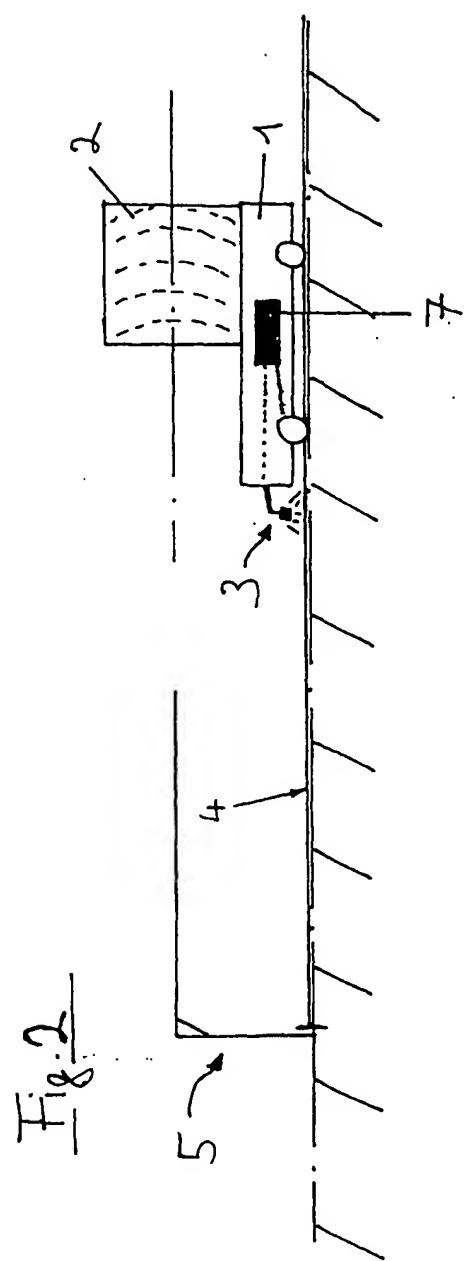


Fig. 2